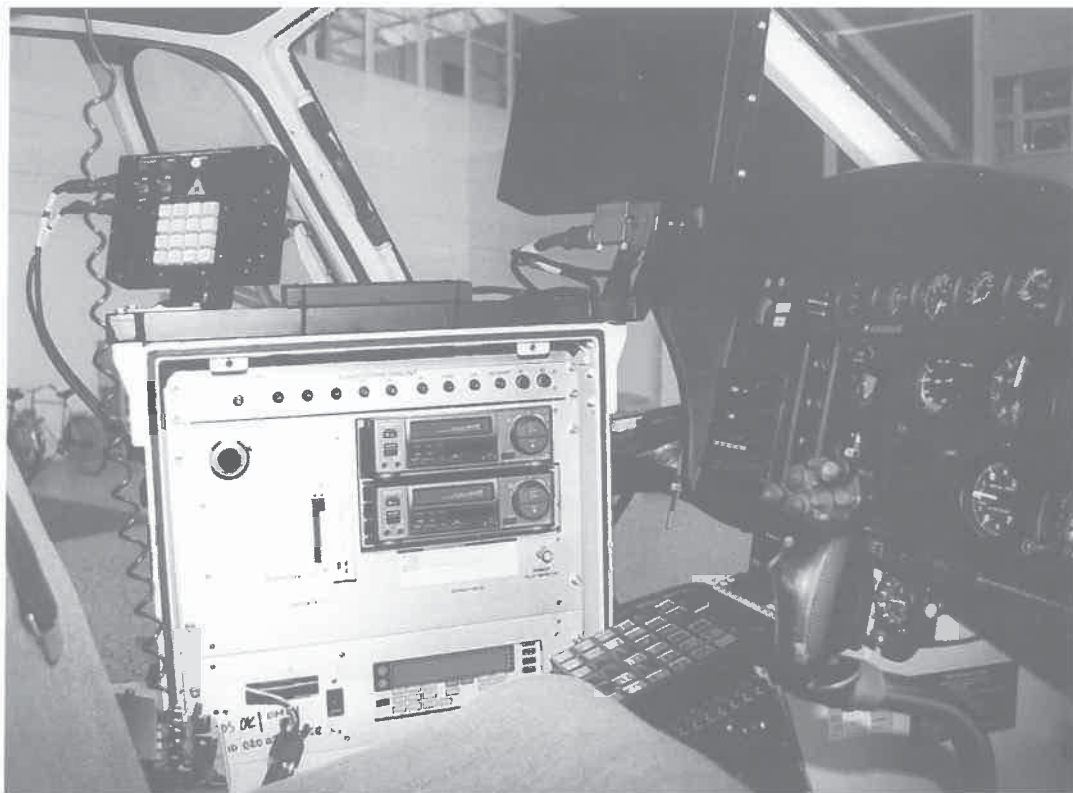


laser scanning

Une nouvelle
technique
innovante
vers de nouvelles
possibilités
d'applications
dans l'espace

Peter Axelsson,
Haakan Sterner



NOTICE SUR LES AUTEURS

Le Docteur **Peter Axelsson** a étudié la topographie à l'Institut Technique Royal de Stockholm. De 1985 à 1989 il a travaillé comme consultant pour la Société Hasselblatt engineering AB. Puis il est retourné à l'Institut Technique Royal où il a terminé sa thèse de cadre dans l'équipe de recherche sur le balayage laser aéroporté, les satellites à haute résolution et la photogrammétrie numérique.

M. **Haakan Sterner** de la société **Saab Surveys Systems AB** est couramment chargé des ventes et de la commercialisation ; M. Sterner a une vaste connaissance des milieux internationaux dans la direction de la production et de la recherche technique, il participe, au niveau de l'encadrement, à de nombreux comités de direction. Son expérience internationale sur les techniques de l'information date de 1980. Sa formation : il est bachelier en Administration des Entreprises de l'Université de Stockholm et Ingénieur Mécanicien de cette même Université.

Les levés par Balayage Laser sont une nouvelle technique de saisie des données du terrain, laquelle présente des caractéristiques qui permettrait de l'étendre au domaine des relevés faits à partir de l'espace. Les données sont saisies suivant des procédures détaillées et précises, et traitées suivant des modèles mathématiques, et ce, en temps presque réel.

Cet article présente brièvement la phase de saisie des données, et la manière dont ces données de terrain seront traitées selon des modèles qui servent à les analyser.

Les savoir-faire requis pour utiliser le Balayage Laser peuvent être considérés comme de nature « géodésique », alors que les traitements des données qui suivent ont des ressemblances avec la science de la photogrammétrie. Le Balayage laser donne un relevé des données de terrain en temps presque réel, ce qui permet de faire de substantielles économies, notamment là où des connaissances très précises sur des problèmes spécifiques sont nécessaires, alors ils apportent des avantages importants.

Dans cet article un accent particulier est mis sur la définition tridimensionnelle très précise des conducteurs des lignes à haute tension, en les distinguant du fond constitué par le sol, la végétation, les pylônes eux-mêmes. Sans une connaissance très précise des moyens de modélisation mathématique, pour « détacher » les conducteurs du fond des autres détails, il serait impossible de tirer un avantage de ce procédé par rapport aux méthodes traditionnelles, sans cela cette méthode ne présenterait pas le moindre intérêt économique, et n'aurait jamais été implantée.

Il devient clair que le mélange entre les mesures traditionnelles et les nouvelles techniques associées à un savoir-faire très précis sont la clé qui mène vers des solutions très économiques. Mais, il est néanmoins évident que l'utilisateur final de ces applications et les topographes traditionnels n'ont pas encore de tribunes où mettre en commun et développer leurs idées. Nous espérons que cet article éclairera les voies qui mènent à des possibilités de dialogue entre tous les intervenants.

PRINCIPES DU BALAYAGE LASER

Les principes du système présenté sont sans détours. La position d'un avion est déterminée en utilisant la méthode GPS cinématique à l'aide d'une ou de plusieurs stations de référence fixes au sol et d'un récepteur dans l'ap-

pareil. Le dispositif est doublé d'un système de navigation inertielle qui détermine, notamment, les **altitudes**. La distance entre le scanner SAAB-TOPEYE et le sol est mesurée par un laser, la position du point au sol est déterminée connaissant la position de l'émetteur et son altitude par GPS et en utilisant les données de la navigation inertielle,

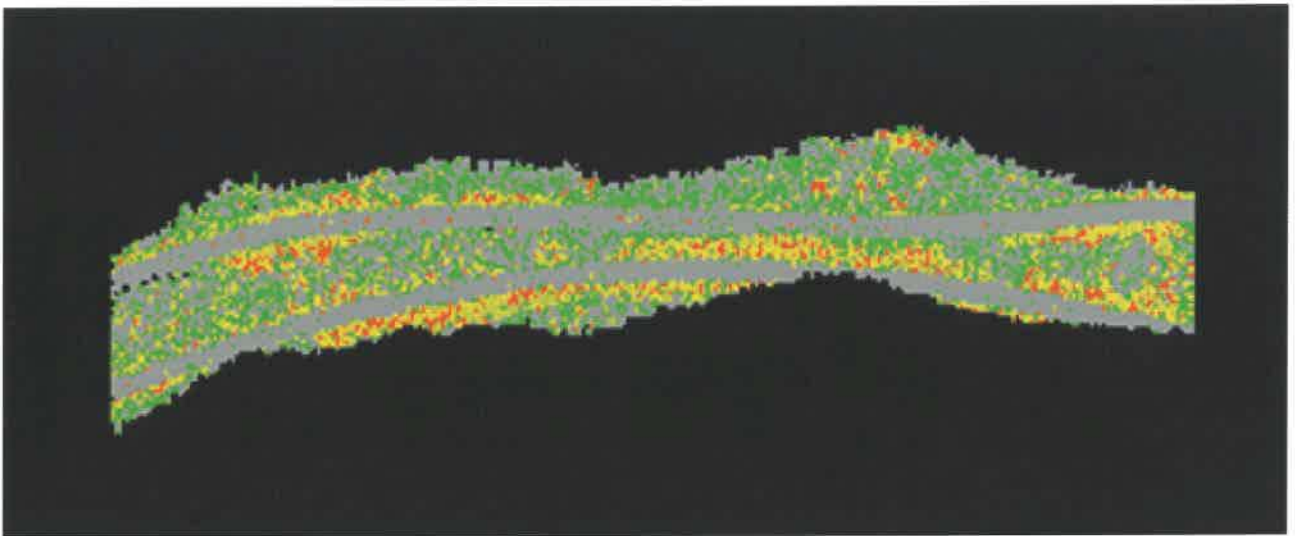
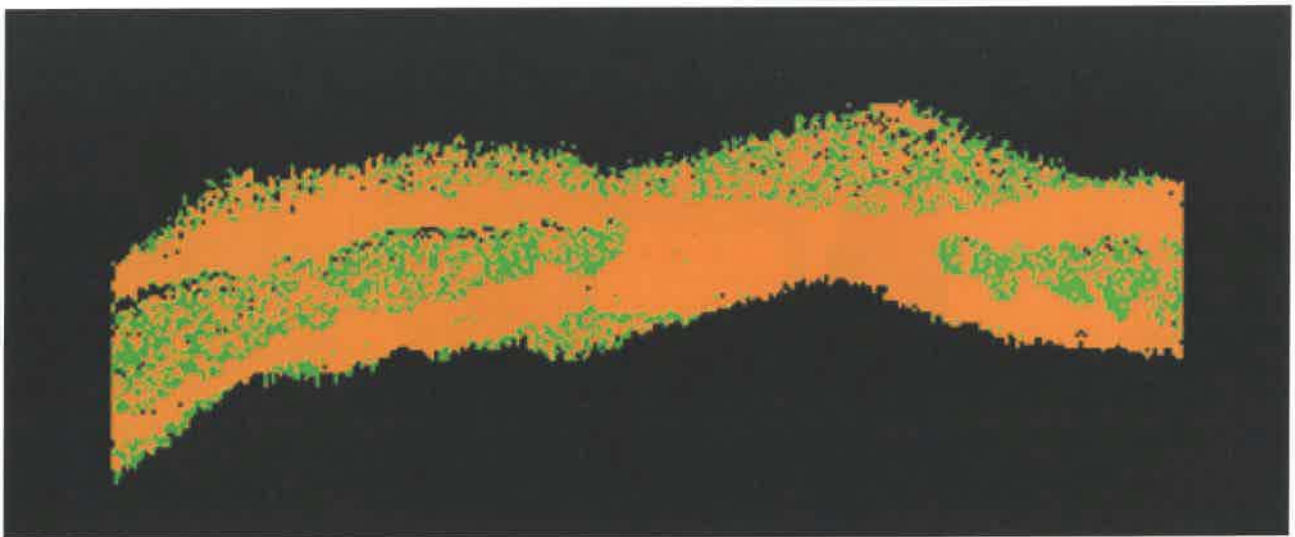


Figure 1 – Levers de voie ferrée. Les points verts de l'image de gauche représentent les emplacements d'échos multiples, indiquant par conséquent la présence de végétation. L'image de droite montre le réflectance de la même zone.

Figure 2 – L'image de gauche est une photographie aérienne et celle de droite est produite par la réflectance du signal laser. Les deux images couvrent la même surface d'un parc de Stockholm



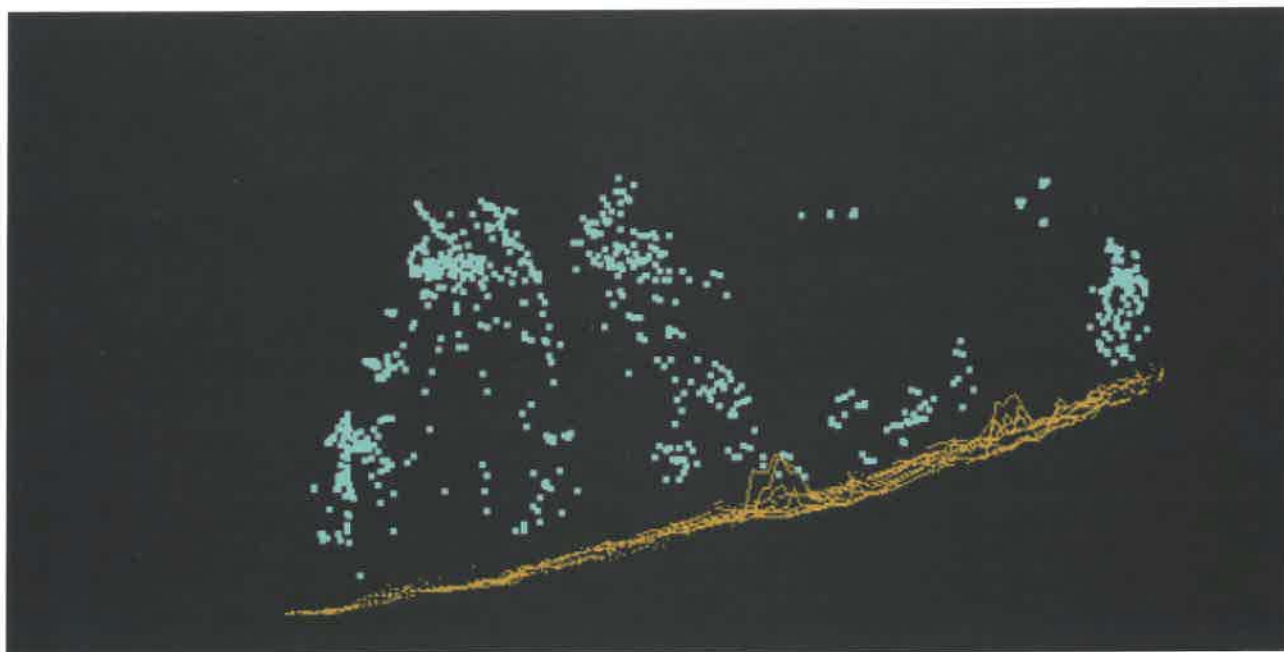


Fig. 3-a : Étape 1 – On sépare le sol des objets qui se trouvent au-dessus 76304 points sont classés en sol, 23696 points sont classés en objets.

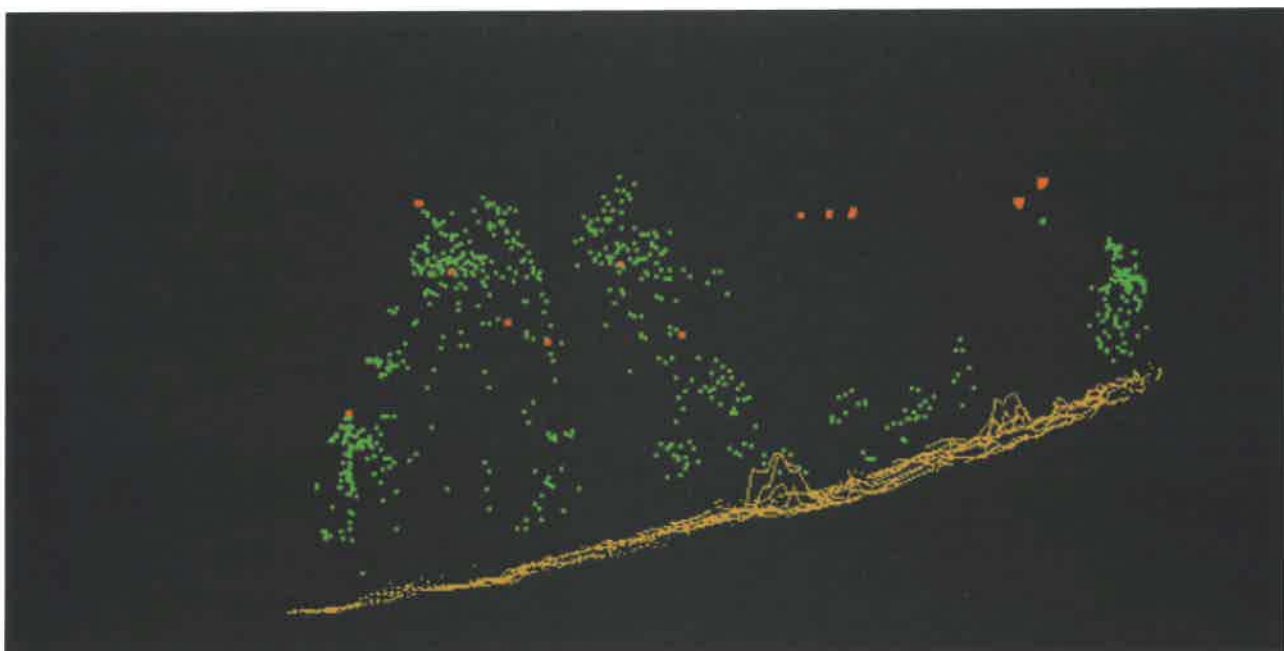


Fig. 3-b : Étape 2 – On sépare, dans les points qui ne sont pas des points de sol, la végétation et les lignes : 22160 points sont classés en végétation et 1536 points sont classés en lignes à haute tension.

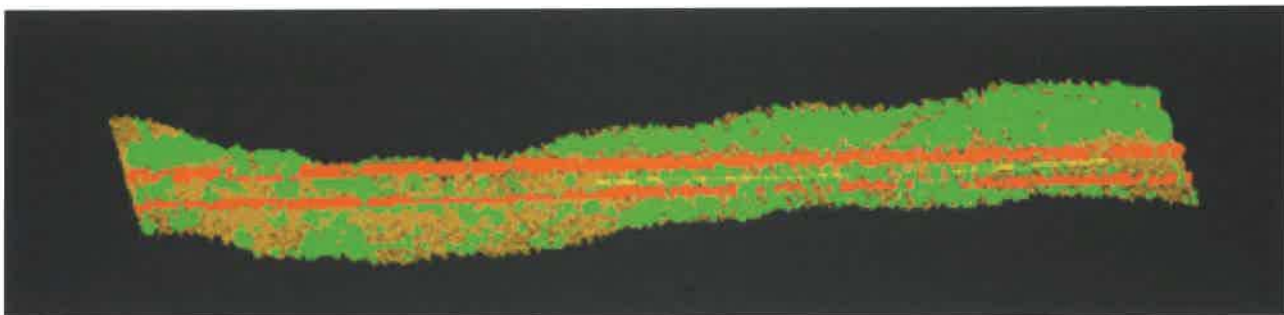


Fig. 3-c : Étape 3 – Classification finale de Hough.

enfin on utilise la mesure de la distance et de la direction de la visée par le balayage du laser. C'est le principe de base de tous les systèmes de balayage par laser pour déterminer la position en trois dimensions des points au sol. Présentement la technique du laser est parfaitement au point, et a atteint un haut degré de maturité. Pourtant, les systèmes utilisés sont complexes, et sont plus « géodésiques » dans les modes d'acquisition, et assez « photogrammétriques » dans le traitement des données.

CE QUI FAIT LA DIFFÉRENCE

Le balayage laser a quelques caractéristiques qui le distinguent des techniques pouvant être présentées comme des variantes envisageables, telles que la photogrammétrie ou les mesures traditionnelles au sol :

- Il n'est pas affecté par le mauvais temps et l'éclairement du site.
- Le travail au sol est limité à la mise en place des stations de référence et des points de contrôle.
- Les données sont immédiatement disponibles, presque en temps réel.
- Il est pratique dans les zones traditionnellement difficiles telles que les villes denses, les zones forestières et les lignes électriques à haute et moyenne tension.

CE QUI FAIT DÉFAUT POUR L'INSTANT

Afin de rendre le balayage laser de plus en plus accepté et utilisé, il faut réaliser des modélisations mathématiques et des algorithmes pour l'interprétation des données qui mènent le plus directement possible à des produits sous des formes immédiatement utilisables par les utilisateurs qui sont en fin de chaîne. La difficulté essentielle est de séparer le fonds, des objets qui sont à sa surface, c'est-à-dire de définir un modèle numérique de terrain et de le séparer d'un sous-ensemble de modèles numériques de surface, ce point doit faire l'objet de recherches encore plus approfondies. D'autres tâches, dépendant des applications, telles que la séparation des objets et leur identification, la modélisation de villes en 3D et les levers destinés aux travaux d'ingénierie devront faire l'objet d'études plus poussées. En dehors de Terra-Scan, et de la Microstation qu'il faut lui ajouter, les logiciels spécialisés utilisés sont développés par les fournisseurs ou les Universités et leur appartiennent.

LES DONNÉES DU BALAYAGE LASER

Un système de balayage laser produit des données qui sont caractérisées par des nuages de points 3D qui ne sont pas totalement distribués de façon aléatoire. Ces nuages de points contiennent plus d'information qu'un modèle de surface 2,5D, dans lequel l'altitude a une valeur unique Z qui est une fonction des coordonnées X et Y. Ce qui veut dire que dans certains cas il est possible de « voir » des murs verticaux et de savoir qu'ils sont verticaux; en outre, des surfaces situées sous des ponts peuvent être saisies et des estimations des volumes de la végétation peuvent être faites.

La densité des points est fonction de l'altitude de vol, mais aussi de facteurs dépendants du capteur lui-même, de la plate-forme qui le reçoit, avion ou hélicoptère, des visibilité du terrain et de la fréquence d'échantillonnage. Les applications de modèles numériques des villes, les levers des lignes haute et moyenne tension, demandent des densités de points plus importantes que la simple dé-

finition d'un modèle numérique de terrain qui se contente d'une grille de 5 à 10 mètres.

Le système SAAB TopEye dispose, en plus, de deux qualités qui lui sont propres et qui sont bien utiles dans la suite du traitement des données :

- Les multiples échos du laser peuvent être enregistrés. Ceci est d'importance dans le filtrage des données ultérieur et pour la mise en œuvre des algorithmes de discrimination entre la végétation et la surface du sol, pour ultérieurement calculer le volume de la végétation dans les applications forestières (voir figure 1).
- L'amplitude de la réflectance des impulsions laser donne une information radiométrique sur la zone levée. La réflectance peut être vue comme une image de la zone dans la bande étroite de l'infrarouge qu'utilise le laser. Ceci peut être utilisé pour la mise en œuvre des algorithmes d'identification c'est-à-dire pour séparer les zones revêtues des zones couvertes d'herbes. (Voir Figure 2).

LE TRAITEMENT DES DONNÉES DU BALAYAGE LASER

Le traitement des données du balayage laser a, le plus souvent, pour objectif d'en retirer les informations insignifiantes, ou pour toute autre raison les points non désirés, comme par exemple pour définir la surface du sol au milieu du « bruit » provenant de la végétation qui le couvre, ou pour obtenir des informations spécifiques à un certain type d'objets au milieu du « bruit » de la végétation et des bâtiments.

L'information du nuage de points sous-aléatoire est perdue si les données ne servent qu'à être interpolées dans la grille régulière d'un modèle numérique de surface. Les données originales doivent être d'abord utilisées dans un processus de filtrage et de modélisation jusqu'à ce qu'une représentation correcte des objets recherchés et une généralisation puisse être faite. Dans certains cas, par exemple pour la saisie des câbles des lignes à haute tension, ceci est une nécessité.

Les diverses applications demandent des algorithmes et des stratégies particulières pour l'identification et la définition des objets. Toutefois, la détermination de la surface du sol est une tâche qui revient à chaque application, sa saisie a recours aux algorithmes généraux à chaque fois.

Suivant ces principes, une stratégie d'interprétation des données brutes du laser est basée sur un modèle numérique des altitudes avec la possibilité de lui adjoindre d'autres types de données de capteurs si elles sont disponibles... Cette stratégie peut être résumée de la manière suivante :

- Utiliser les mesures de distances laser originales le plus longtemps possible, de préférence sous la forme de fichier TIN* pour conserver un accès facile aux points voisins.
- Séparer les objets de la surface du sol.
- Utiliser des algorithmes spécialement dédiés à une application pour la classification et la modélisation.

Les autres types de données, telles que la réflectance ou les informations relatives aux échos multiples des mesures du scanner laser, ne seront inclus dans le processus général que si elles sont disponibles, il en sera de même des images existantes ou les informations tirées d'une banque de données géographiques.

* TIN : de l'Anglais Triangular Irregular Network.

APPLICATION À LA DÉTECTION ET À LA CLASSIFICATION DES LIGNES DE TRANSPORT ÉLECTRIQUE

La modélisation des lignes de transport électriques est une application qui est adaptée au moyen de détection du balayage laser. On utilise un hélicoptère comme moyen de transport des détecteurs, il lui est possible de suivre les lignes avec beaucoup de précision et de rapporter des mesures très denses et nombreuses. La classification est divisée en trois étapes :

- Séparation de la surface du sol et des objets qui se trouvent au-dessus.
- Classification des objets au-dessus du sol en lignes électriques ou en végétation, c'est-à-dire en deux classes, en utilisant leurs comportements statistiques, incluant les échos multiples et les données de réflectance.
- Classification plus raffinée des lignes électriques par la recherche de lignes parallèles et des structures linéaires par utilisation d'une transformation de Hough* à deux dimensions.

Si on les compare aux procédés utilisés pour la détection des contours des objets dans le traitement d'images classiques, les points mesurés sur les objets ne portent aucune information de direction, par conséquent l'espace de recherche à explorer pour utiliser la transformation de Hough est trop vaste. Toutefois, des directions approximatives, permettant de réduire l'espace de recherche, peuvent être tirées de la direction de vol, si celle-ci n'est qu'une bande le long de la ligne électrique, on peut, aussi utiliser le repérage manuel des pylônes. Cette dernière manière de faire est spécifique à la fonction de la méthode de détection des câbles de TerraScan.

Dans l'exemple, un ensemble de données de 100 000 points saisis dans le vol d'une bande avec une densité de 8 points/m² a été utilisé... Aucune direction approchée des lignes n'a été donnée.

Les trois étapes sont montrées en *figure 3* de a à c, seule une faible partie de la bande de vol est montrée sur les figures.

76 304 points ont été classés en sol.

23 024 points en végétation.

672 points en lignes électriques divisées
en cinq lignes parallèles en 2D.

La société TerraSolid Limited a utilisé les principes ci-dessus dans son implantation des fonctionnalités de détection des câbles électriques dans le produit Terra-

Scan... Les points classés comme lignes électriques sur la *figure 4* sont traités en les transformant en vecteurs définissant le conducteur. Lorsque les points sont convertis en fichiers vecteurs de Microstation il est possible de les utiliser comme modèles pour d'autres usages tels que dans des systèmes experts ou d'autres types d'applications de génie civil.

CONCLUSIONS

Le système de balayage laser a démontré son utilité en d'autres circonstances et selon d'autres auteurs par exemple des modèles numériques de surface dans des lieux où la végétation est dense ou dans des modélisations 3D de villes. Les procédures automatiques pour l'interprétation et la classification des mesures de distances laser ont prouvé leur efficacité en utilisant de nombreux types de statistiques de classification.

D'une manière plus générale, d'autres sources d'information peuvent être utilisées pour augmenter les chances de détection correcte des procédures. Ces sources supplémentaires d'information peuvent être les mesures de réflectance et les échos multiples des mesures de longueurs du scanner laser, les données existantes 2D des banques de données géographiques, les plans d'utilisation des sols etc. La *figure 5* illustre un exemple où les modèles numériques de surface, incluant les bâtiments, et basées sur des données laser peuvent être combinées avec une image aérienne et des données géographiques.

La classification et la modélisation des données requièrent d'avoir des connaissances très spécifiques des besoins de l'utilisateur final. À notre sens, c'est par la dernière phase de modélisation que la valeur de la saisie des données laser est valorisée. Des données classifiées et modélisées sont nécessaires dans les applications et peuvent être la source d'économies substantielles. En utilisant les données de façon efficace il est possible de leur donner une importance qu'elles n'ont pas naturellement. Dans l'application de ces principes aux lignes électriques, les données mesurées servent à décrire l'objet. Mais on peut en tirer beaucoup plus, par exemple on peut détecter les arbres qui sont des dangers potentiels pour la ligne, on peut, aussi, mieux planifier l'entretien des servitudes de passage et, éventuellement, refaire le projet de la ligne en supprimant les goulots d'étranglement et améliorer ainsi sa capacité de transport. Ces économies n'existent pas dans le traitement traditionnel du problème dans l'usage qu'on fera d'un plan topographique. Elles sont maintenant possibles et interviennent ainsi dans les activités de base du client.

* La transformation de Hough est un outil classique de l'analyse d'images qui permet de détecter la présence de courbes ayant une forme paramétrique (droite, courbe,...).

RÉFÉRENCES

- Ackermann, F. (1996)** : Airborne Laser Scanning for Elevation Models. GIM, Geomatics Info Magazine, Vol. 10, Number 9, October 1996.
- Axelsson, P. (1999)** : Processing of Laser scanner data Methods and Algorithms, Submitted to ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing.
- Haala, N., Brenner C., Anders, K. H. (1997)** : Generation of 3D City Models from Digital Surface Models and 2D GIS, International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol. 32 – Part 3-4 W2.

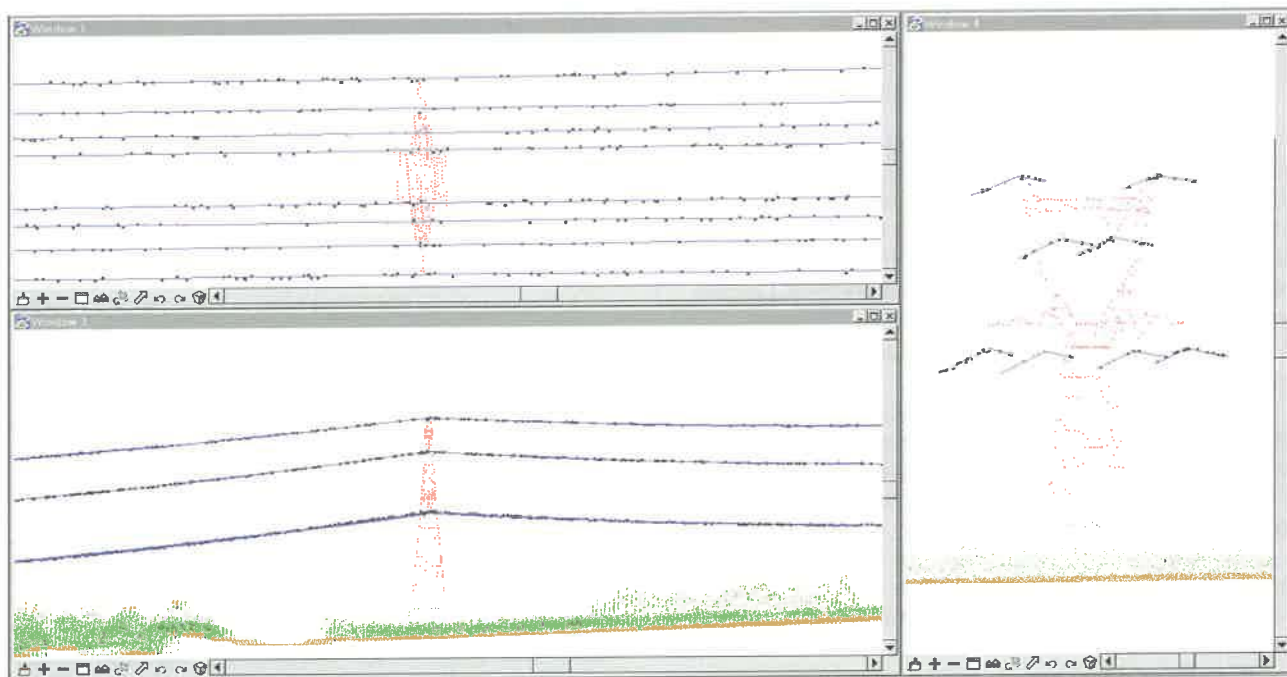


Fig. 4 : TerraScan, classification des points laser en : sol, végétation et lignes de transport.
Les vecteurs bleus sont les points de réflexion situés sur des conducteurs qui ont été convertis en fichiers vecteurs.

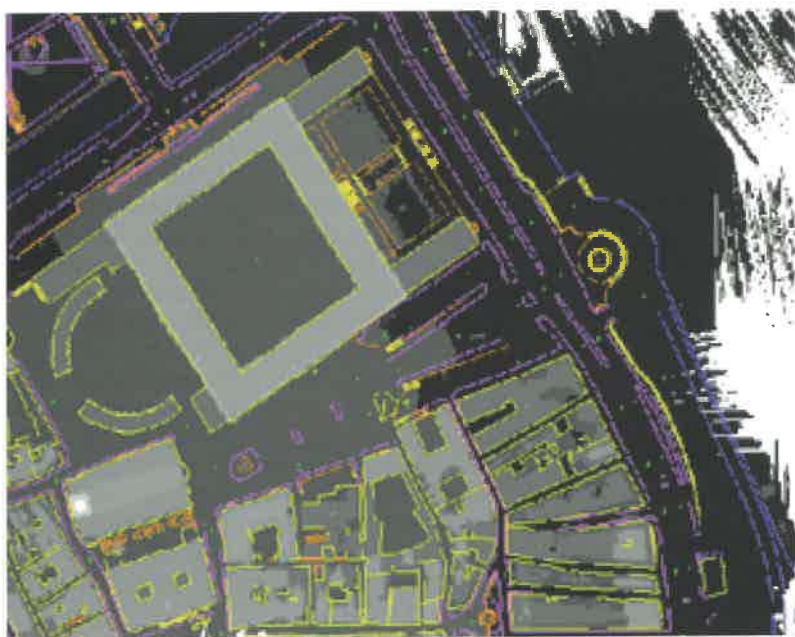


Fig. 5 : Les données du scanner laser sont associées aux données 2D cartographiques à gauche, et drapées d'une image aérienne en bas à droite.

